

COSMOLOGIE
OBSERVATIONNELLE
À L'APC ET AU SPP

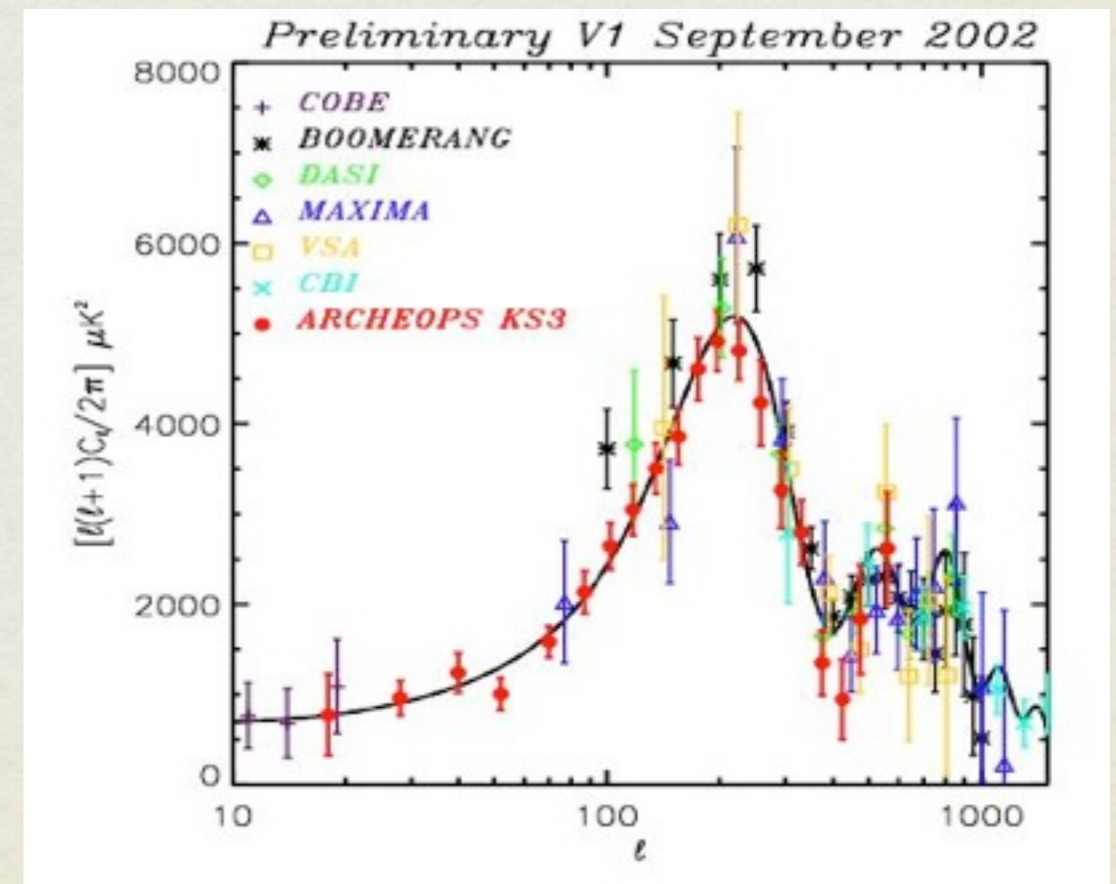
Éric Aubourg

Deux axes principaux

- Fond diffus cosmologique
 - Planck, Qubic
- Astronomie grand champ
 - SDSS/BOSS, BAORadio
 - LSST, BigBoss, Euclid...

Fond diffus cosmologique

- Archéops (ballon CNES, Alain Benoît) : projet commun PCC/SPP, vol scientifique en 2002



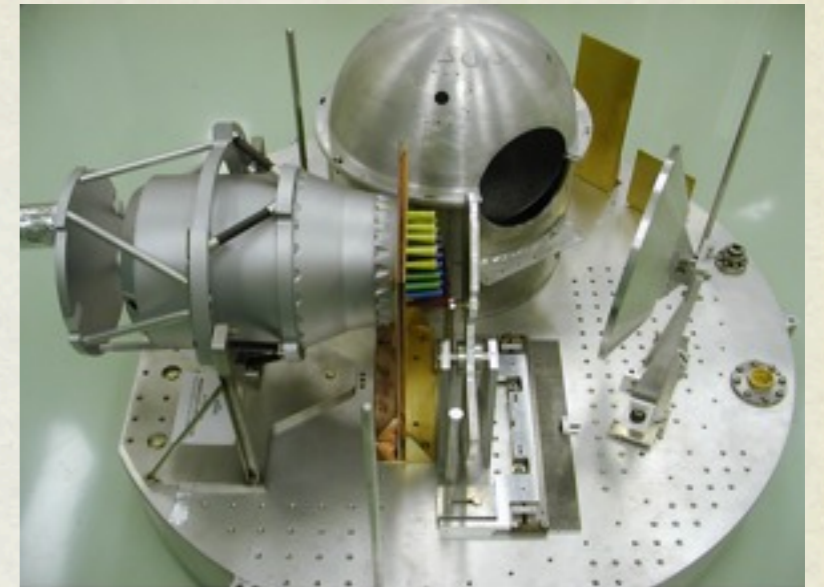
Planck

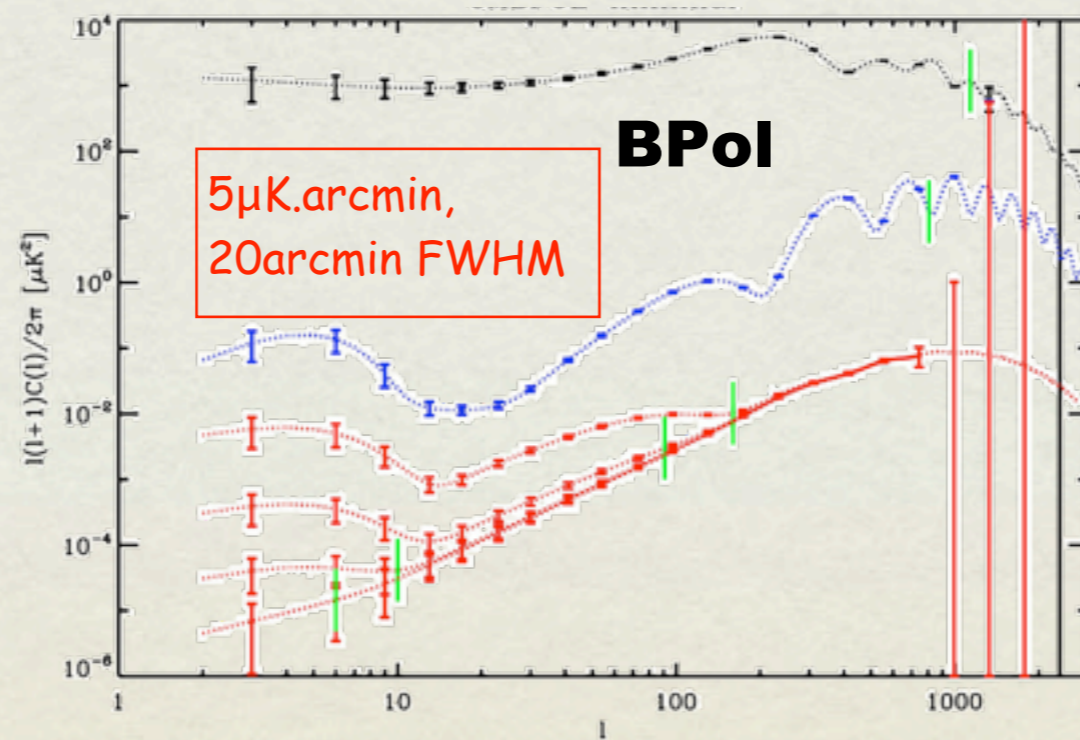
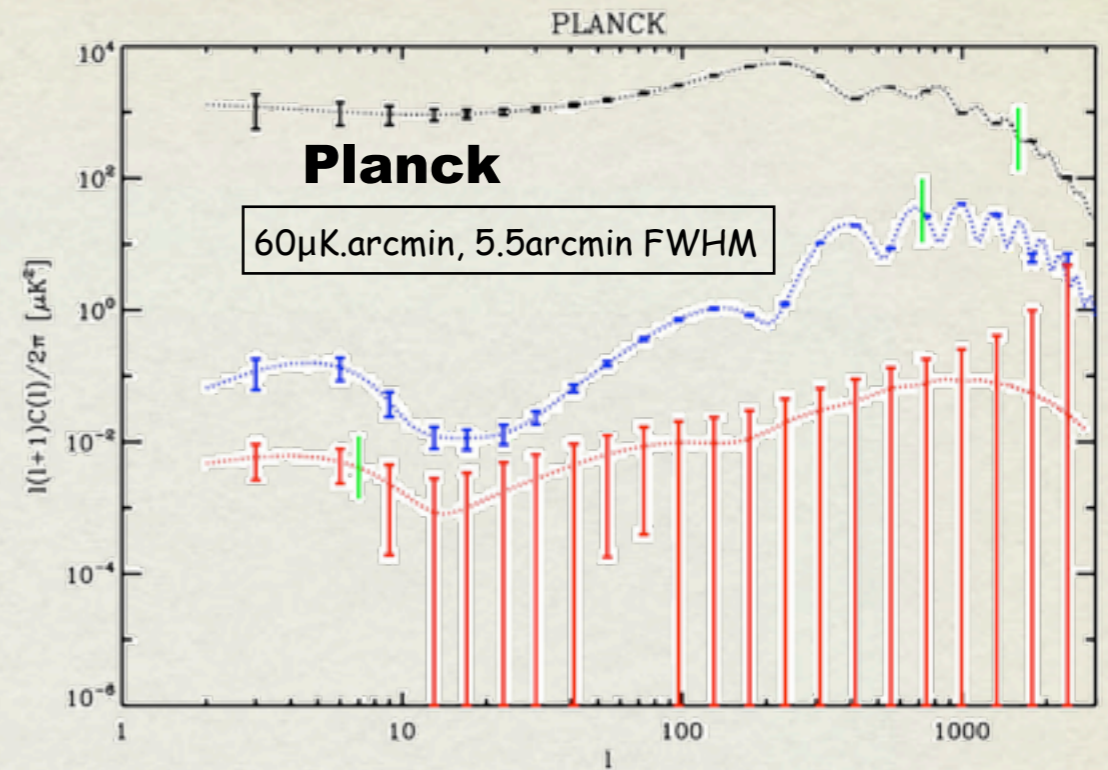
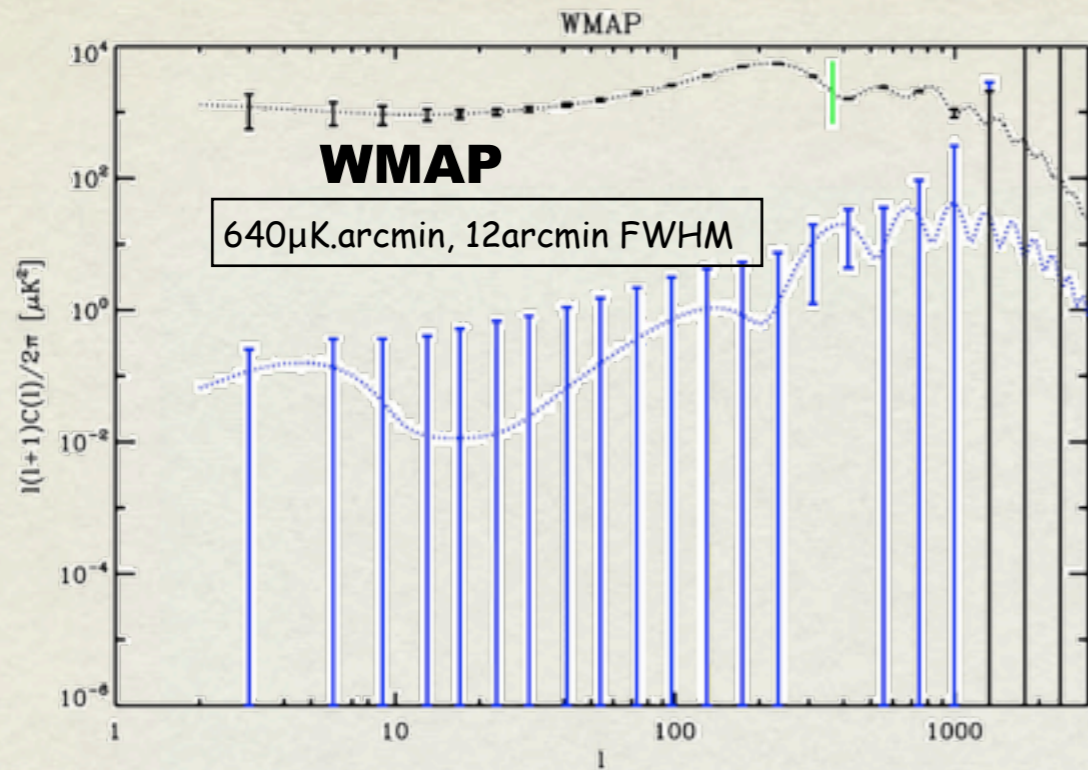
- lancement le 14 mai 2009
- Implication IN2P3/INSU/CEA dans l'instrument HFI (PI Jean-Loup Puget, IAS)
- Première couverture du ciel achevée. Durée probable de la mission 30 mois (nominal 14 mois)



Planck

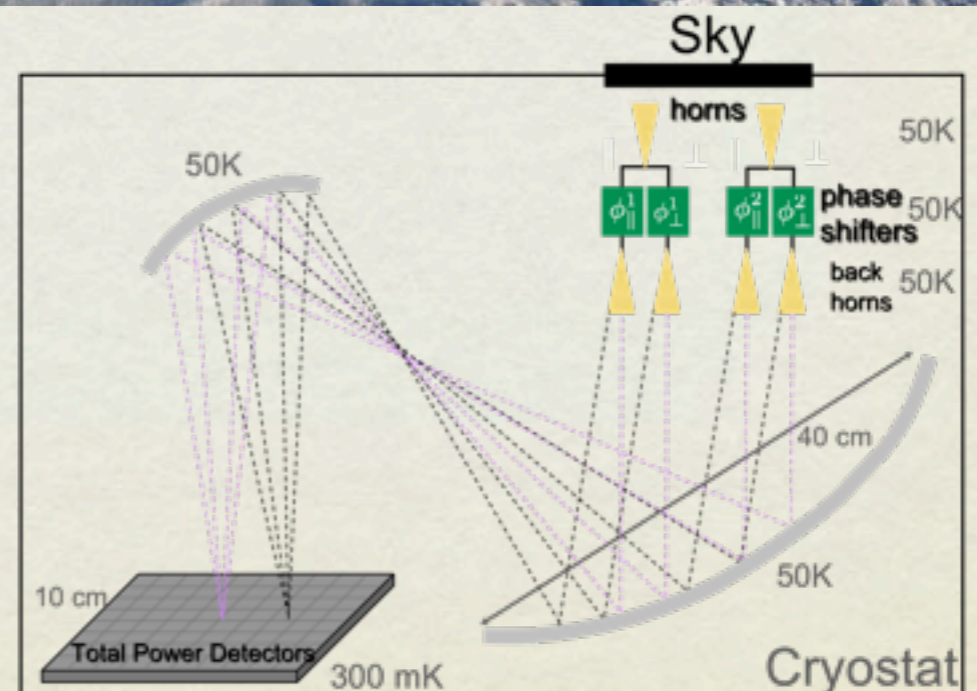
- Paramètres cosmologiques au niveau du % : anisotropies en température jusqu'à $l=2000$, polarisation mode E jusqu'à $l=1000$
- APC : étalonnage de l'instrument, télémétrie, suivi des performances, accent mis sur les mesures en polarisation. Liens avec le groupe Théorie.
- Détection par effet SZ d'amas de galaxies : SPP (Melin) + APC (Bartlett)





QUBIC

- Q & U Bolometric Interferometer for Cosmology
- France – Italie – Irlande – Royaume-Uni – USA
- Mesure de la polarisation B : étude de l'inflation. Seul projet européen dans ce domaine
- Mesures au sol depuis le dôme C (Concordia)
- France : IN2P3 (APC, CSNSM), INSU (IAS, CESR)
- Financements **R&D bolos** par P2I, ANR, P&U, PNCG



Astronomie grand champ

- Historique : Eros, Agape, SNLS...
- Fin des activités supernovae à l'APC et au SPP
 - recherches offline dans SNLS (SPP)
 - spectroscopie VLT (APC)
 - étude des effets systématiques, progéniteurs (APC)

Astronomie grand champ

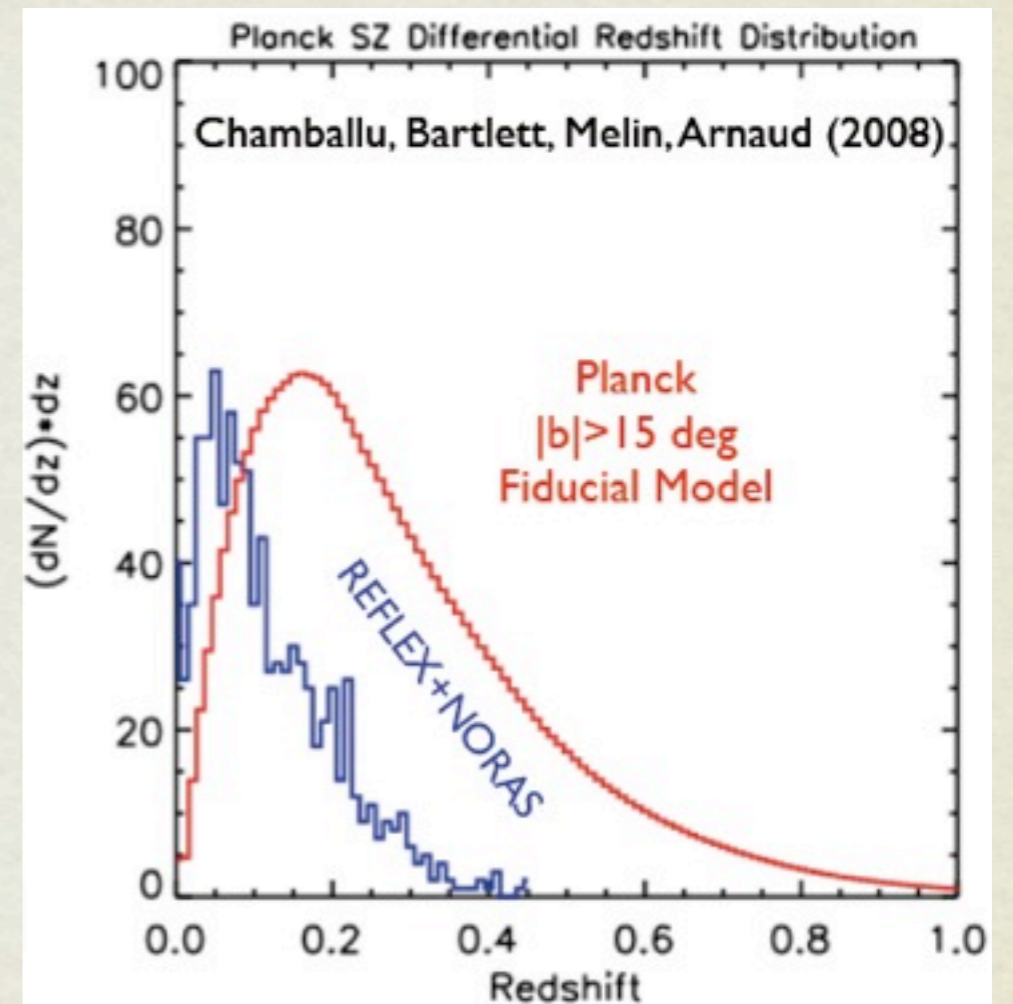
- L'enjeu principal : caractériser l'énergie noire : constante cosmologique ? Évolue dans le temps ? Gravité modifiée ?
- Nécessité de méthodes complémentaires
 - Dégénérescences différentes
 - La mesure du taux d'expansion (géométrie) et du taux de croissance des structures permet de différencier les modèles
 - Systématiques différentes

Astronomie grand champ

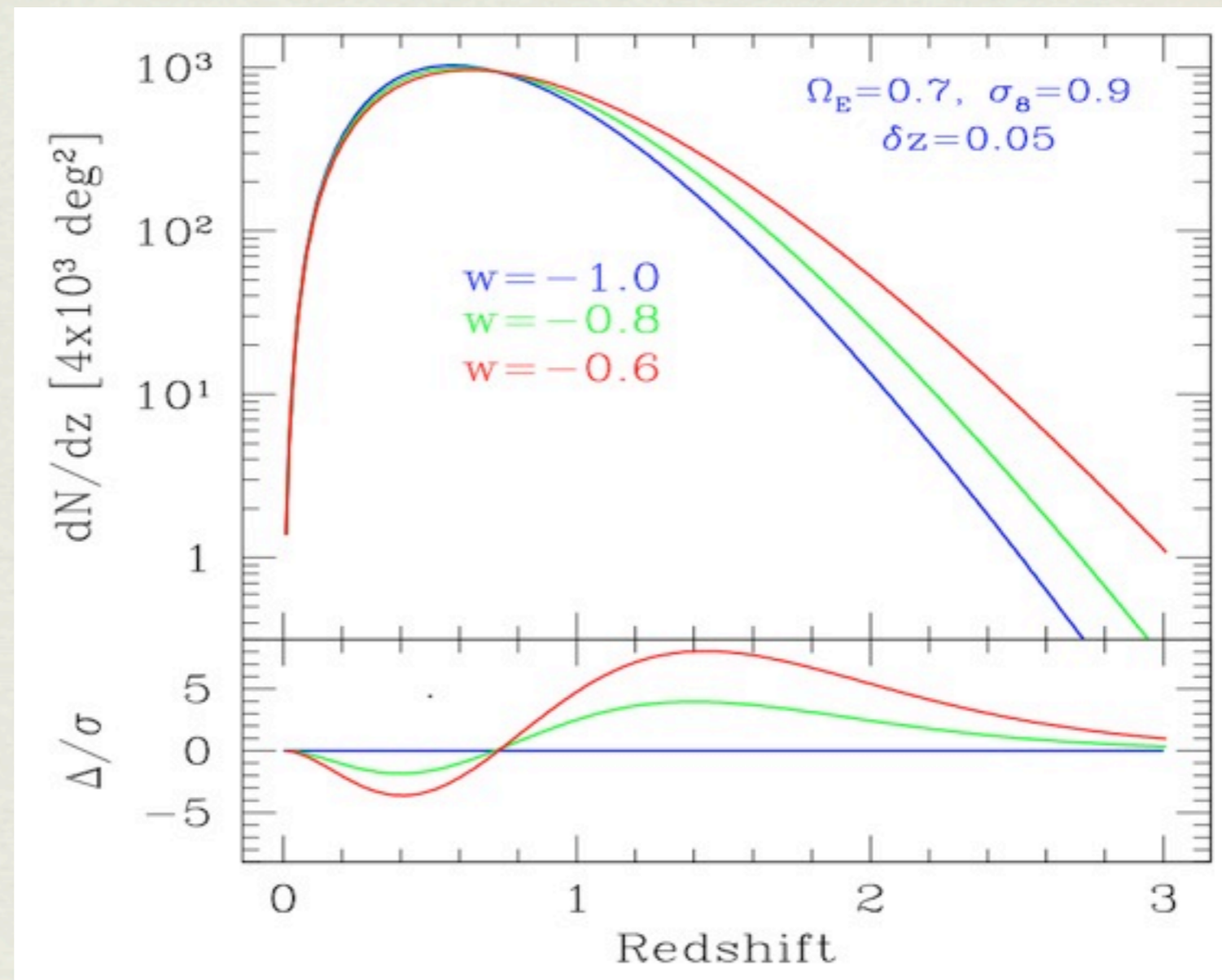
- Les « sondes » de l'énergie noire :
 - Supernovae : la première indication de l'accélération. Très gros travail astrophysique nécessaire pour aller plus loin.
 - Amas : très sensible au facteur de croissance, étalonnage en masse et « gastrophysique » complexes
 - Oscillations de baryons : mesure géométrique, propre, peu d'effets systématiques. Accès à la croissance des structures via les distorsions de redshift
 - Lentilles (cosmic shear, cosmic magnification) : technique très prometteuse, contrôle des systématiques délicat
 - Avants-plans du CMB (Sachs Wolfe, CMB lensing...), par corrélation entre grands relevés et mesure du CMB

Amas

- Combinaison de trois mesures :
 - Détection en SZ (1600 amas dans Planck)
 - Confirmation optique
 - Mesure en X

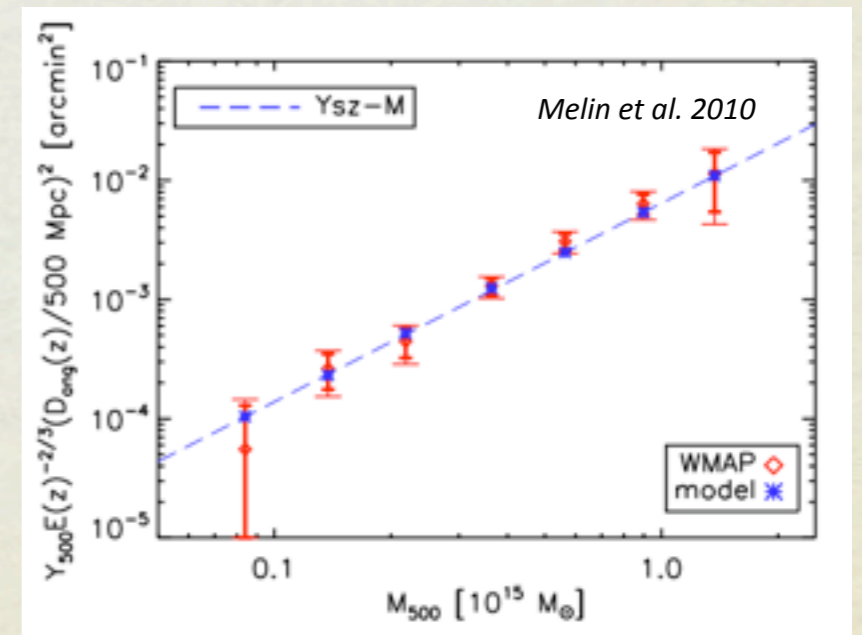


Relevé d'amas
4000 degrés carrés
 $M > 2 \cdot 10^{14} M_{\text{sol}}$
 $\Omega_m = 0.3, \sigma_8 = 0.9$



Travaux en cours

- Planck : publication d'un catalogue « Early SZ » fin 2010
- Suivi XMM des amas découverts par Planck (avec M. Arnaud au SAp), détermination des lois d'échelle des amas en SZ et X
- Études sur WMAP (détection statistique du SZ) des amas ROSAT (X) : bon accord



Projets BAO

- Prise de données en cours : SDSS III/BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopic Survey)
- À l'étude : BAO Radio, BigBOSS, Euclid...

BAO

- Mesure dans la fonction de corrélation de la matière de l'échelle de l'horizon acoustique.
- Ancré à $z=1000$ par le CMB
- À bas z nécessité de comprendre et corriger les effets non-linéaires. Mesure des distorsions de redshift possible.

BAO dans SDSS

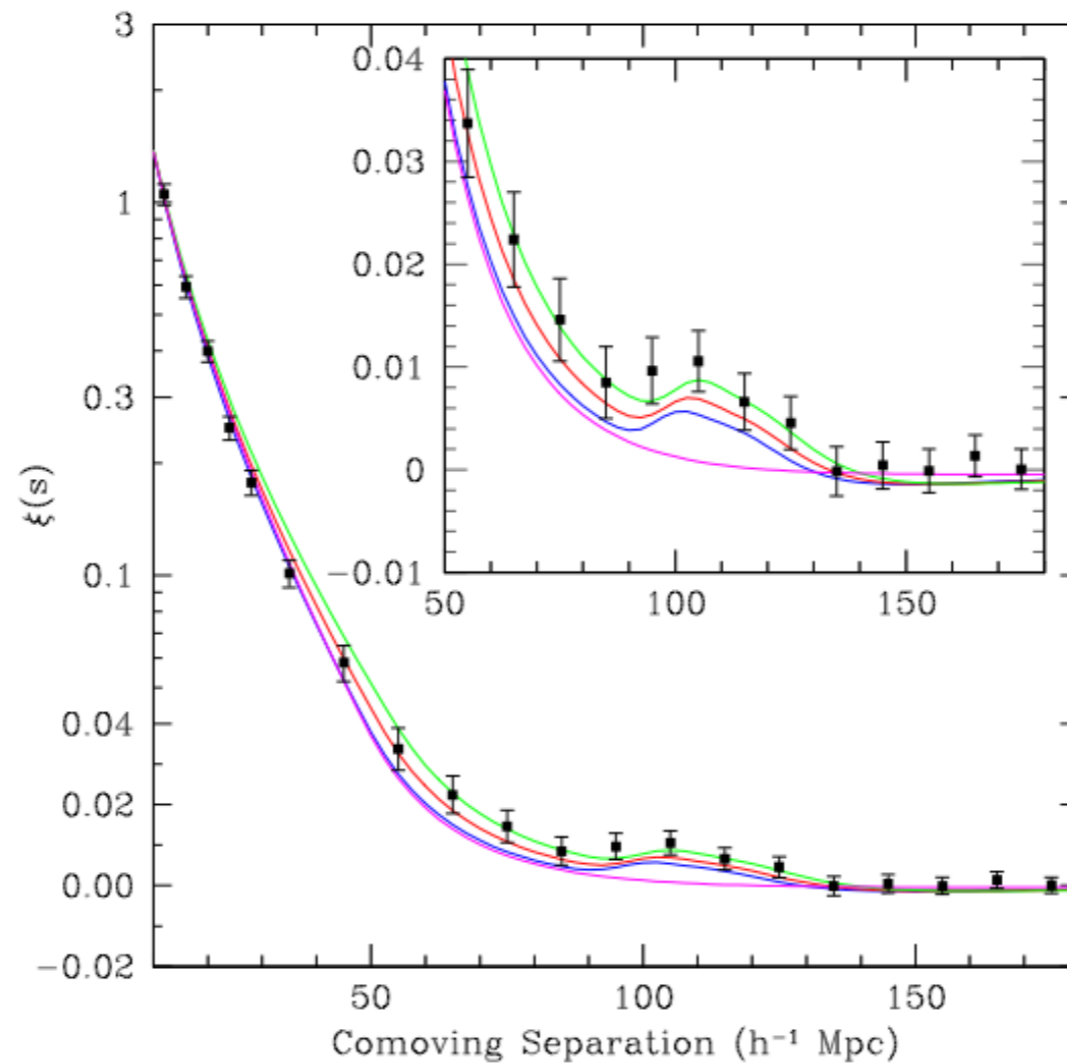
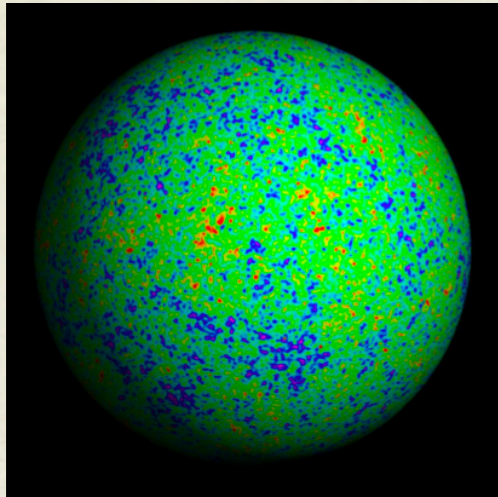


FIG. 2.— The large-scale redshift-space correlation function of the SDSS LRG sample. The error bars are from the diagonal elements of the mock-catalog covariance matrix; however, the points are correlated. Note that the vertical axis mixes logarithmic and linear scalings. The inset shows an expanded view with a linear vertical axis. The models are $\Omega_m h^2 = 0.12$ (top, green), 0.13 (red), and 0.14 (bottom with peak, blue), all with $\Omega_b h^2 = 0.024$ and $n = 0.98$ and with a mild non-linear prescription folded in. The magenta line shows a pure CDM model ($\Omega_m h^2 = 0.105$), which lacks the acoustic peak. It is interesting to note that although the data ap-

BAO : traceurs ?



● $z = 1100$ CMB

● $z = 20$

● $z = 5$

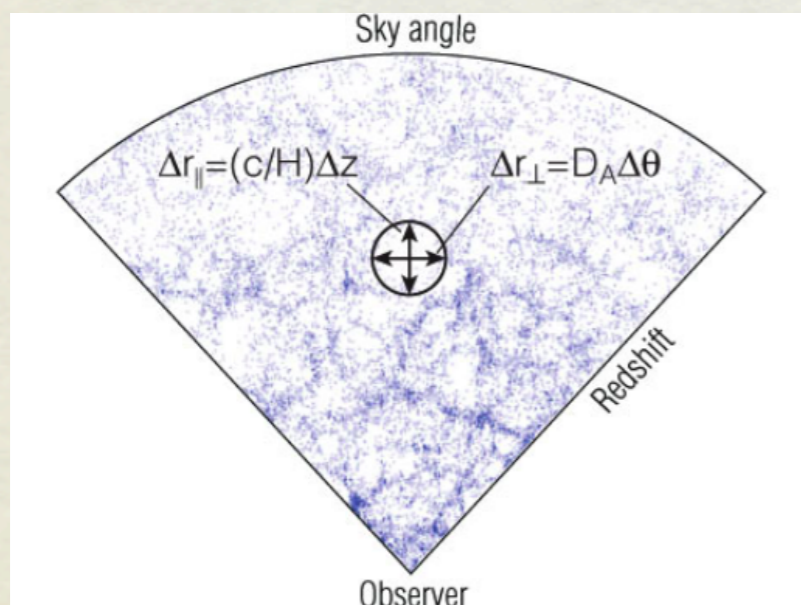
Lyman alpha

● $z = 2$ HI à 21 cm

SF galaxies (em lines)

Galaxies, amas, SNe,
GRB...

● $z = 0$

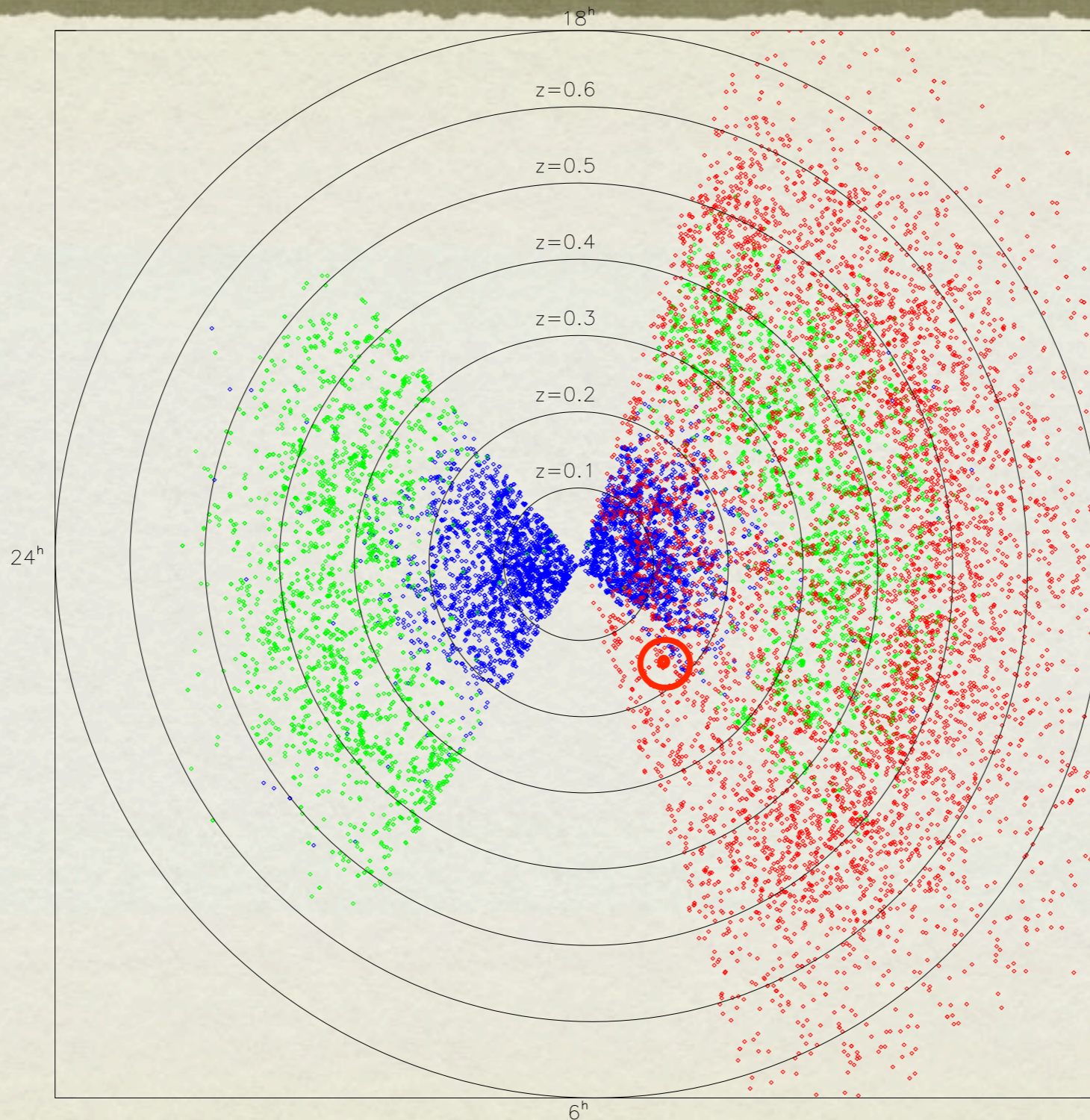


biais et effets systématiques différents

SDSS-III

- Même télescope que SDSS-I et II, spectrographe amélioré
- Deux mesures de BAO :
 - 1,5 M de galaxies lumineuses (LRG) à $z < 0,8$
 - Forêt Lyman- α de 160 000 quasars à $z \sim 2,5$

BOSS LRG

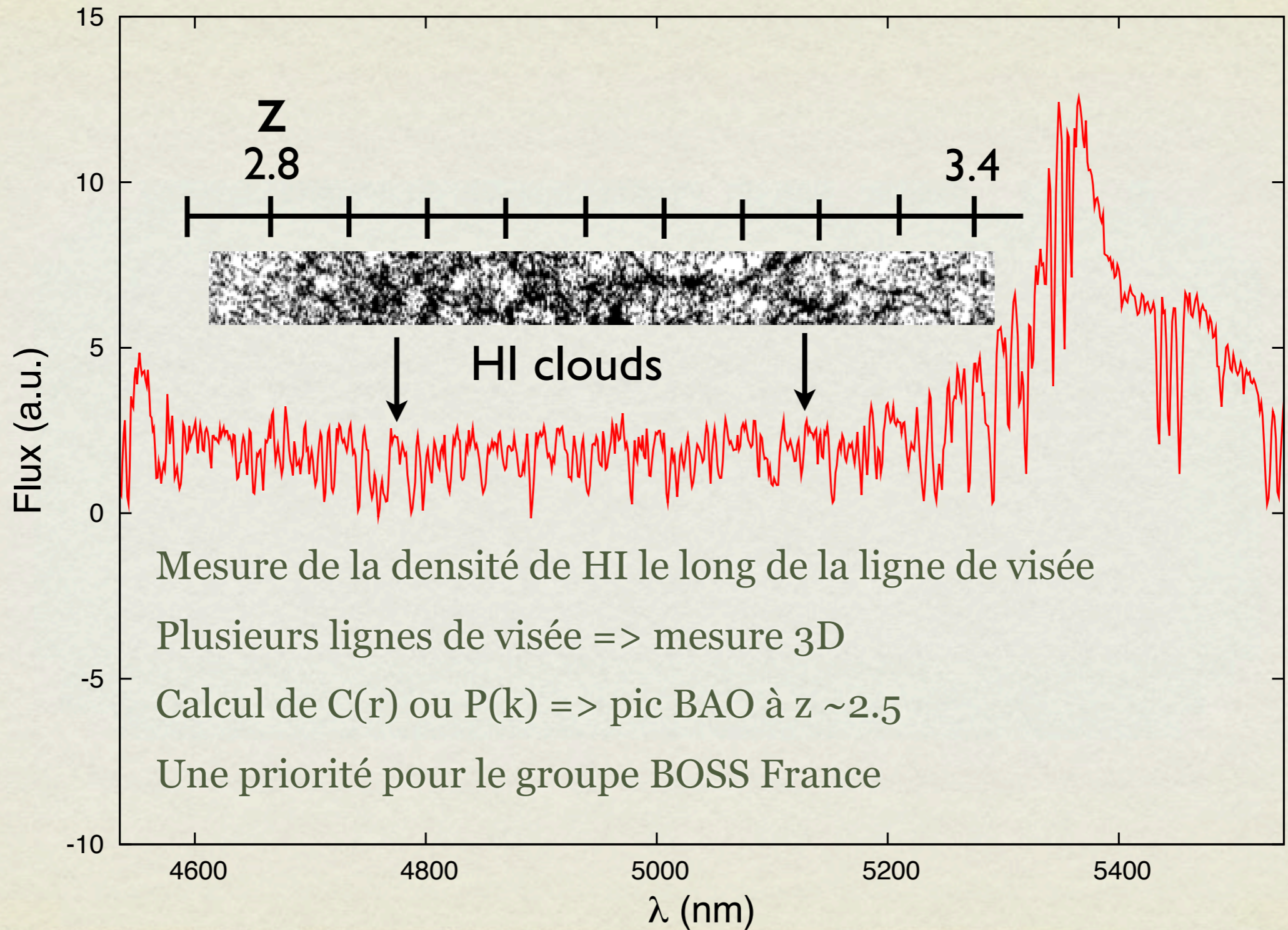


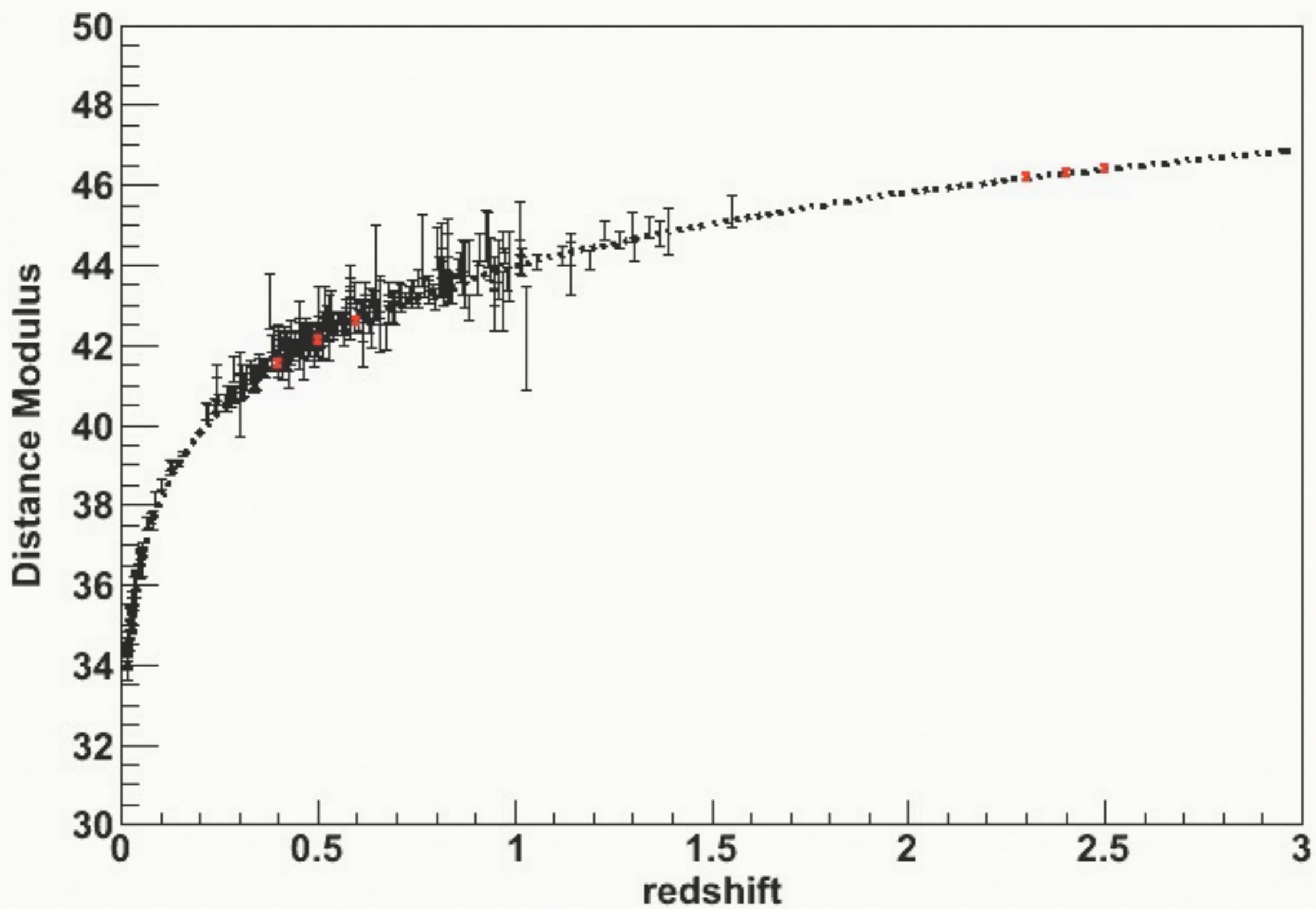
SDSS main survey

SDSS-I + SDSS-II
LRG, 8000 deg^2
(ended in 2008)
 $10^{-4} \text{ galaxies/Mpc}^3$

SDSS-III LRG
 $10,000 \text{ deg}^2$
5x density
2x volume

BOSS QSO





Groupe SDSS-France

- **APC, SPP, IAP, LAM**
- Besançon pour Segue/Apogée
- CPPM ?
- Très bonne visibilité dans la collaboration
 - Données commissionning, sélection des cibles, simulations, préparation d'analyses, production d'un catalogue nettoyé de quasars
 - Réunion de collaboration 2010 à l'APC en septembre

BAO Radio

- Le projet BAO Radio vise à mesurer la raie à 21 cm de l'hydrogène — pas de détection individuelle des galaxies, flux HI par pixel.
- Interféromètre 100m x 100m, réflecteurs cylindriques
- Collaborations avec CMU (Pittsburgh) et Nançay
- R&D SPP et LAL, numérisation à 500 MHz

Le futur : BigBOSS

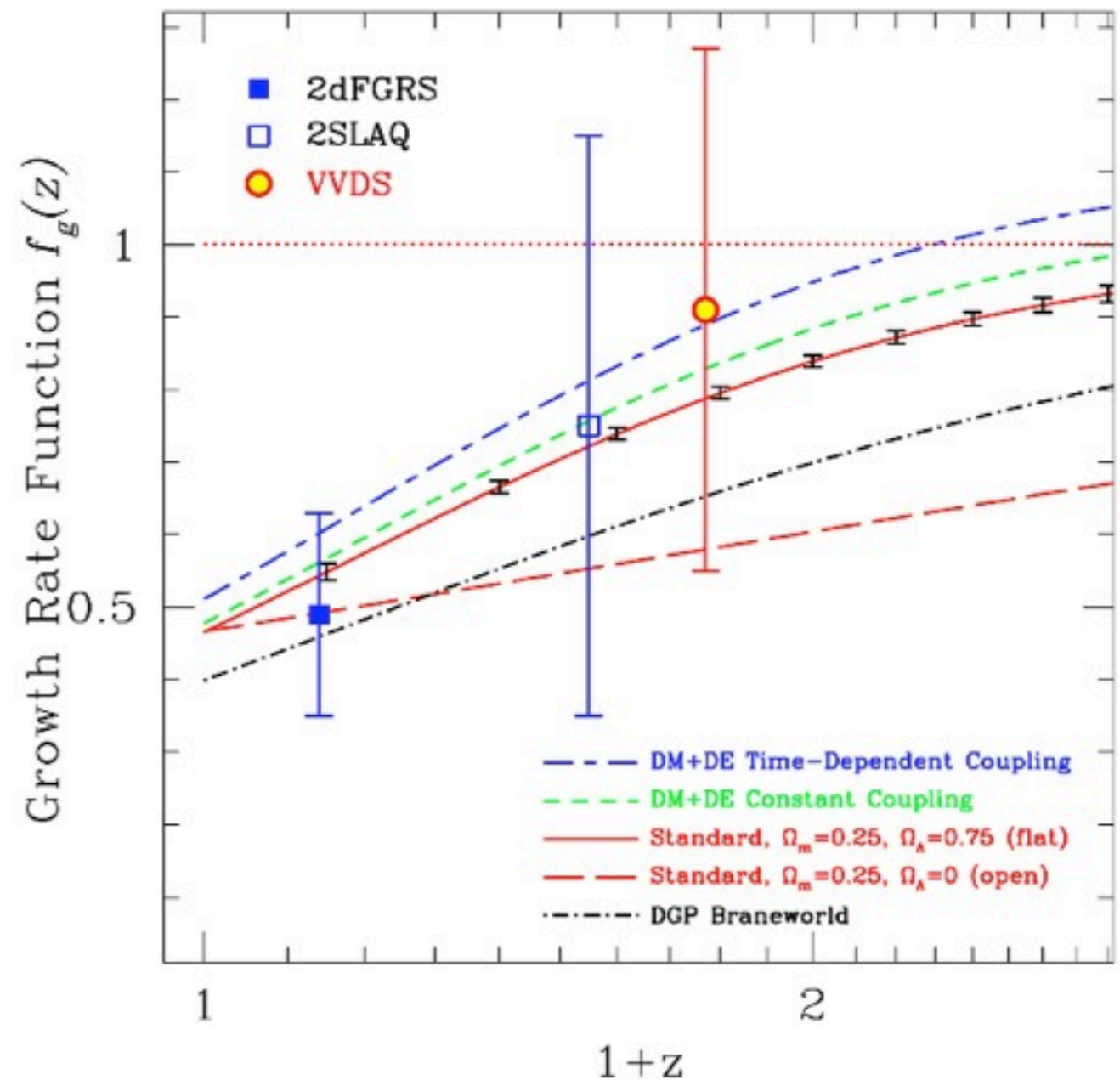
- BigBOSS s'inscrit dans la suite de BOSS : BAO avec des LRG, des QSO, et des galaxies à raies d'émission pour z entre 1 et 2
- Télescope de 4m, spectrographe à 5000 fibres.
- R&D en cours au SPP et au LAM, intérêt à l'APC, IAP...
- Encore incertain, concurrent = Sumire (ex-WFMOS, Subaru Measurement of Images and Redshifts) sur 8,2 m, financement par le plan de relance japonais

Le futur : Euclid

- Euclid, actuellement sélectionné pour une phase de définition par l'ESA, résulte de la fusion des projets Space (spectrographe NIR) et Dune (imagerie vis + NIR). Vif intérêt américain : fusion possible Euclid/JDEM.
- Télescope 1,2 m à L2, lancement 2017/2018 ?
- Le spectrographe d'Euclid, s'il est confirmé, permettra des mesures ultimes de BAO jusqu'à $z \sim 2$

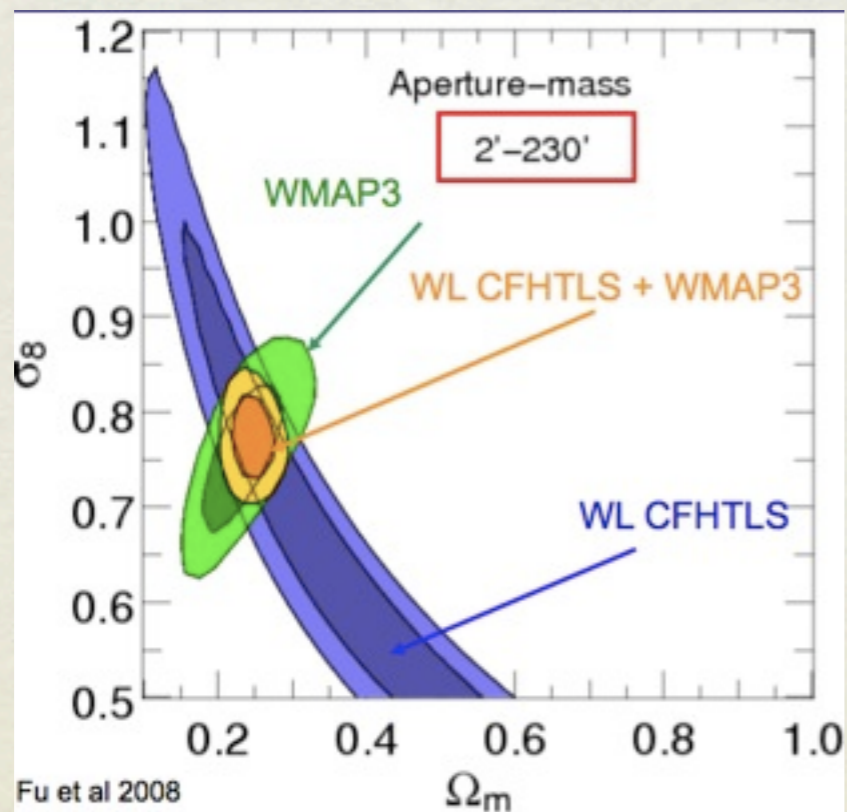
Distorsion de redshift

- Mesure la fonction de croissance des structures
- Sous-produit des expériences BAO : perspective pour BAO dans l'espace (0.5 milliard de galaxies)

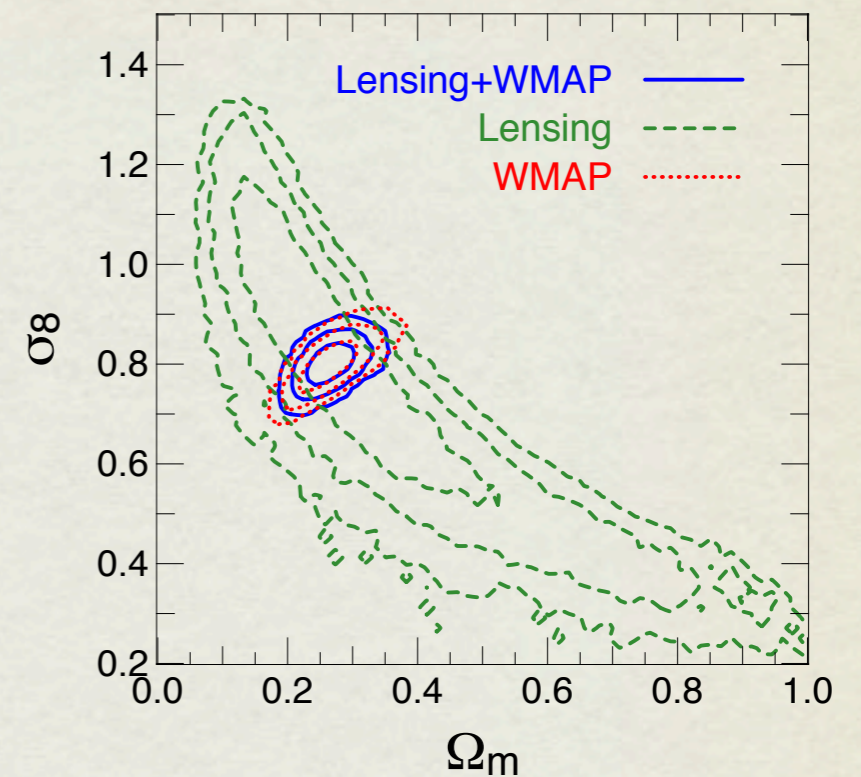


Projets lentilles

- Mesures récentes avec CFHTLS, HST...
- Contrôle de la PSF : avantage à l'espace



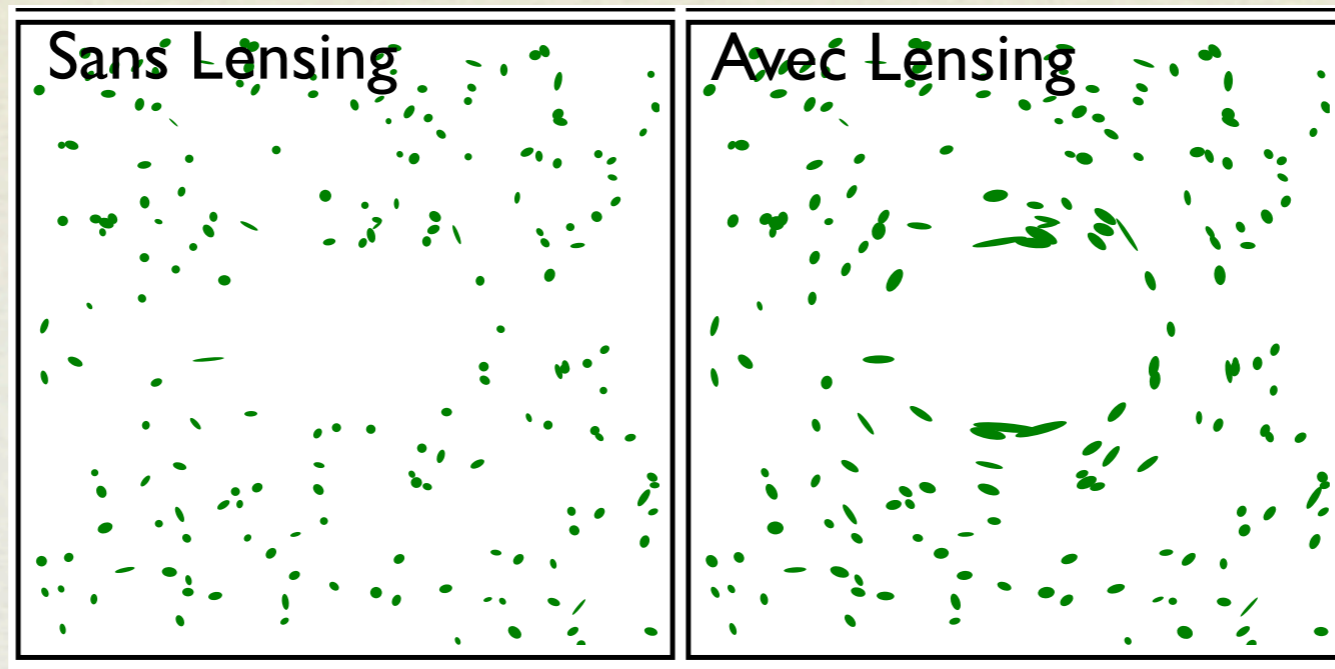
57 deg²
CFH



Schrabback et al. 2010 (HST)

1,64 deg²
formes : HST
redshifts : sol

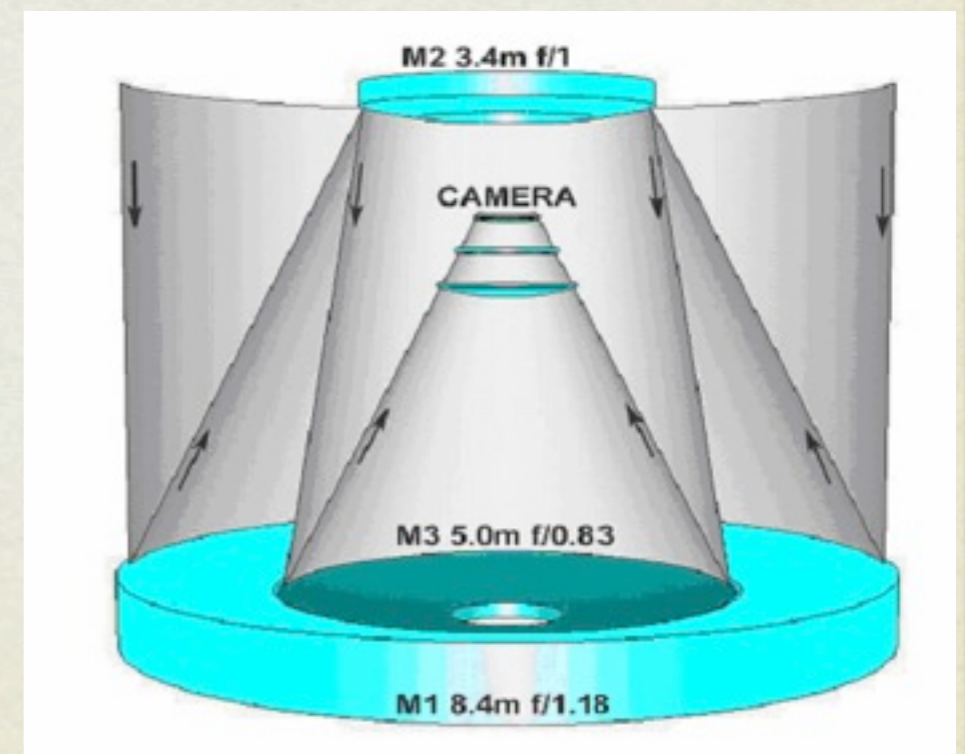
Shear / Magnification



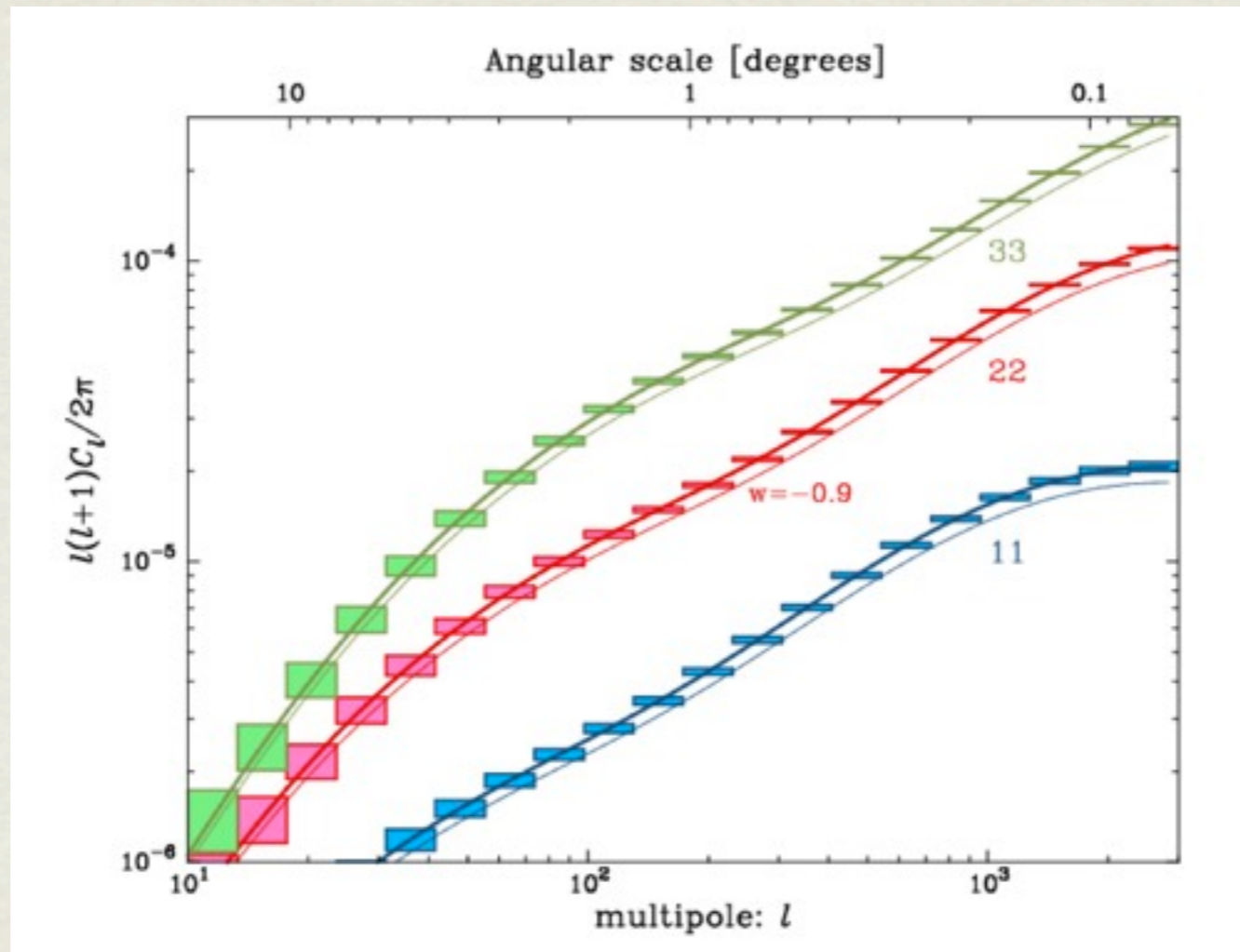
- Cisaillement : mesure des ellipticités des galaxies du champ, correction de PSF du télescope, étude tomographique
- Magnification : modification des comptages dN/dm à cause de la magnification et de la déformation de l'espace

LSST

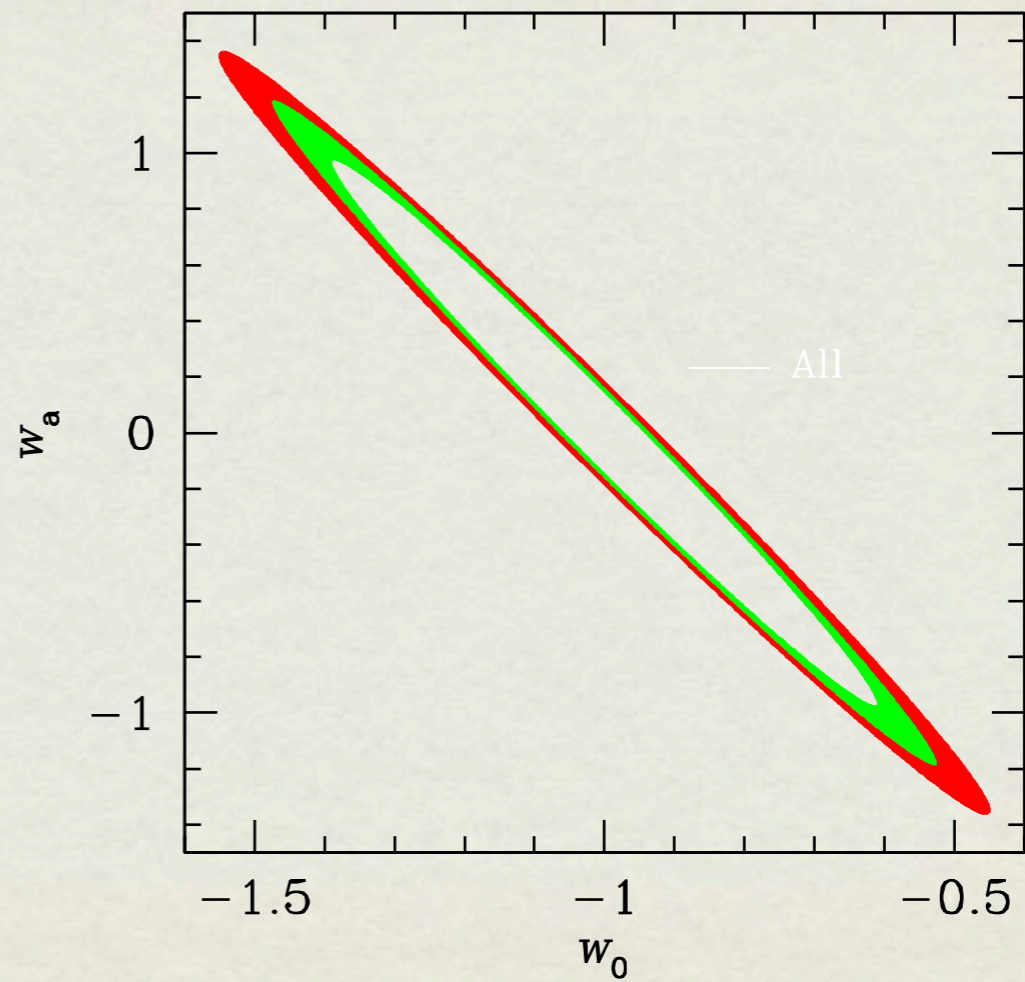
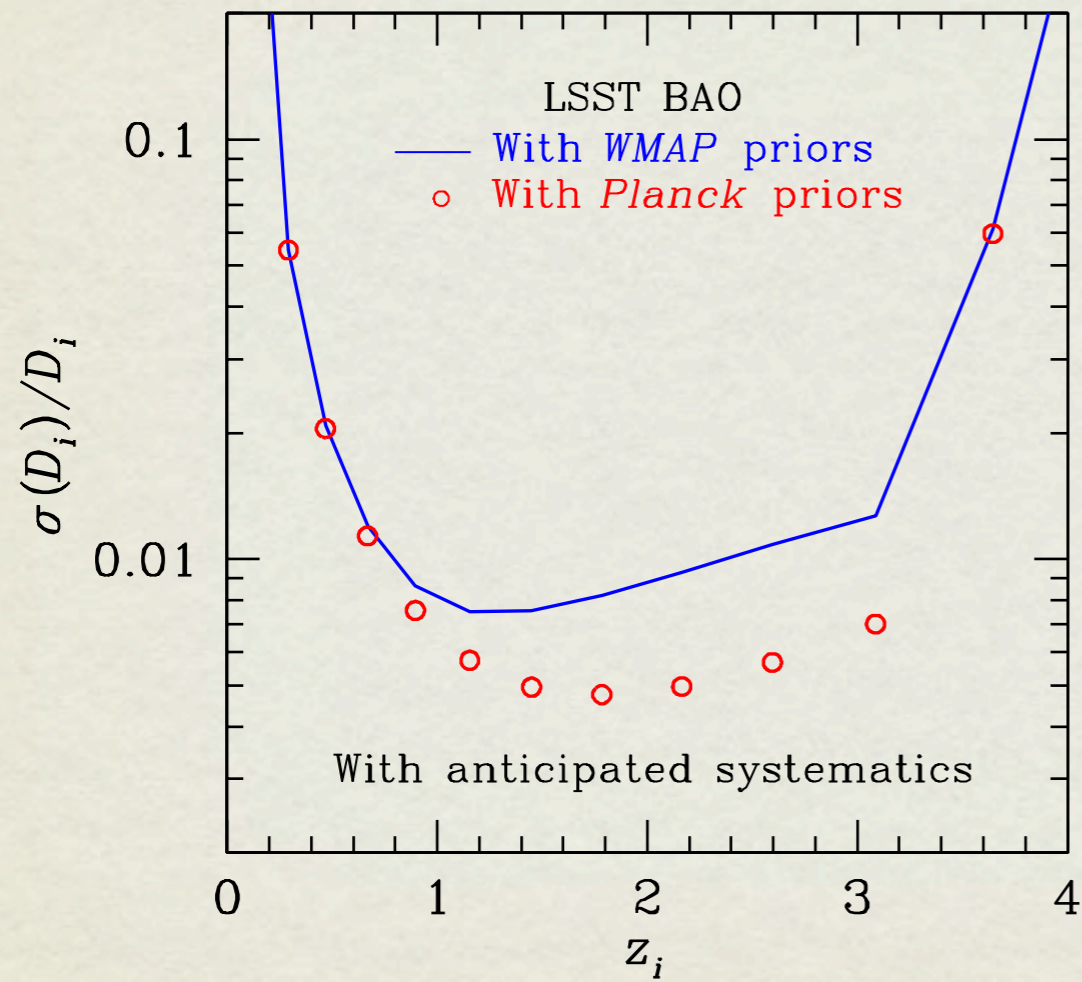
- Large Synoptic Survey Telescope
- Projet sol qui couvre lensing, amas, SN, BAO, et beaucoup d'autres sujets scientifiques (Galaxie, système solaire...)
- 8,4 m, $3,5^\circ$ FOV, Cerro Pachón, Chili
- 3,2 Gpix, 6 bandes (ugrizY)
- Tout le ciel couvert tous les trois jours, 2x15 secondes par pose, plusieurs centaines de visites/champ
- Dix ans (2016-2026)
- Limite du relevé $R \sim 27,6$ AB (5σ)



LSST : shear



LSST : BAO

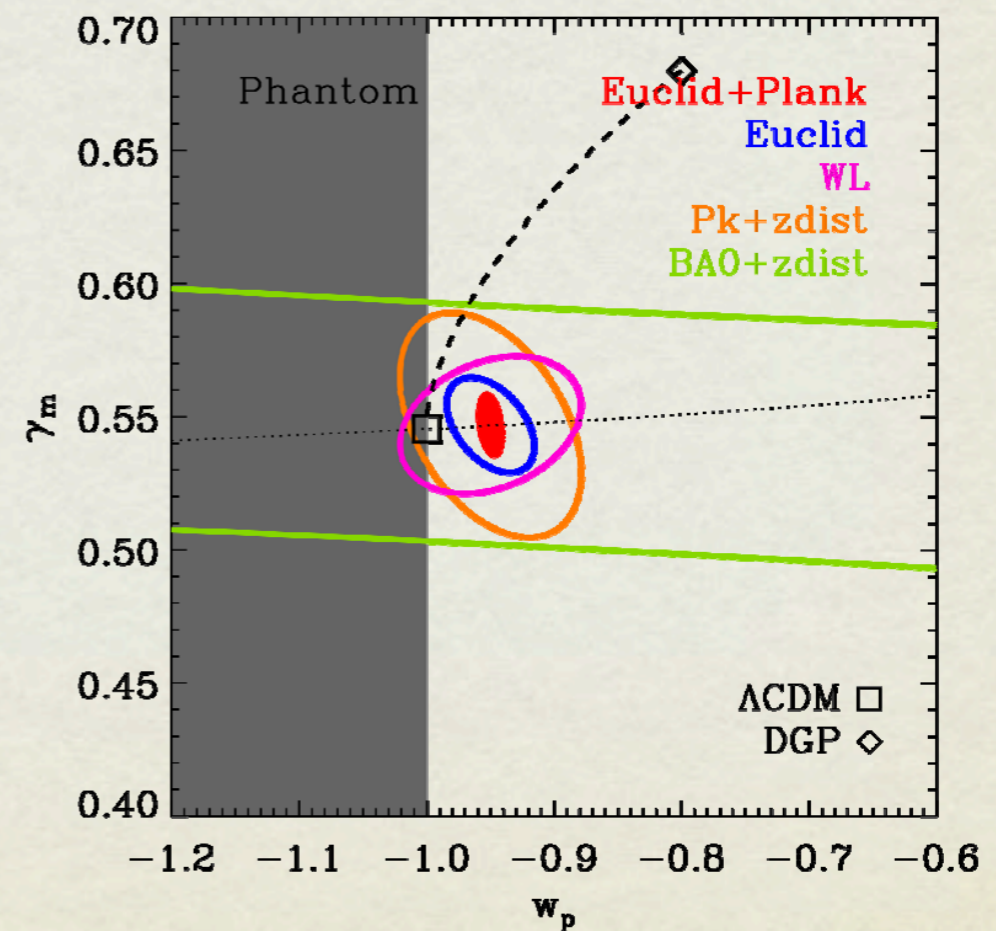
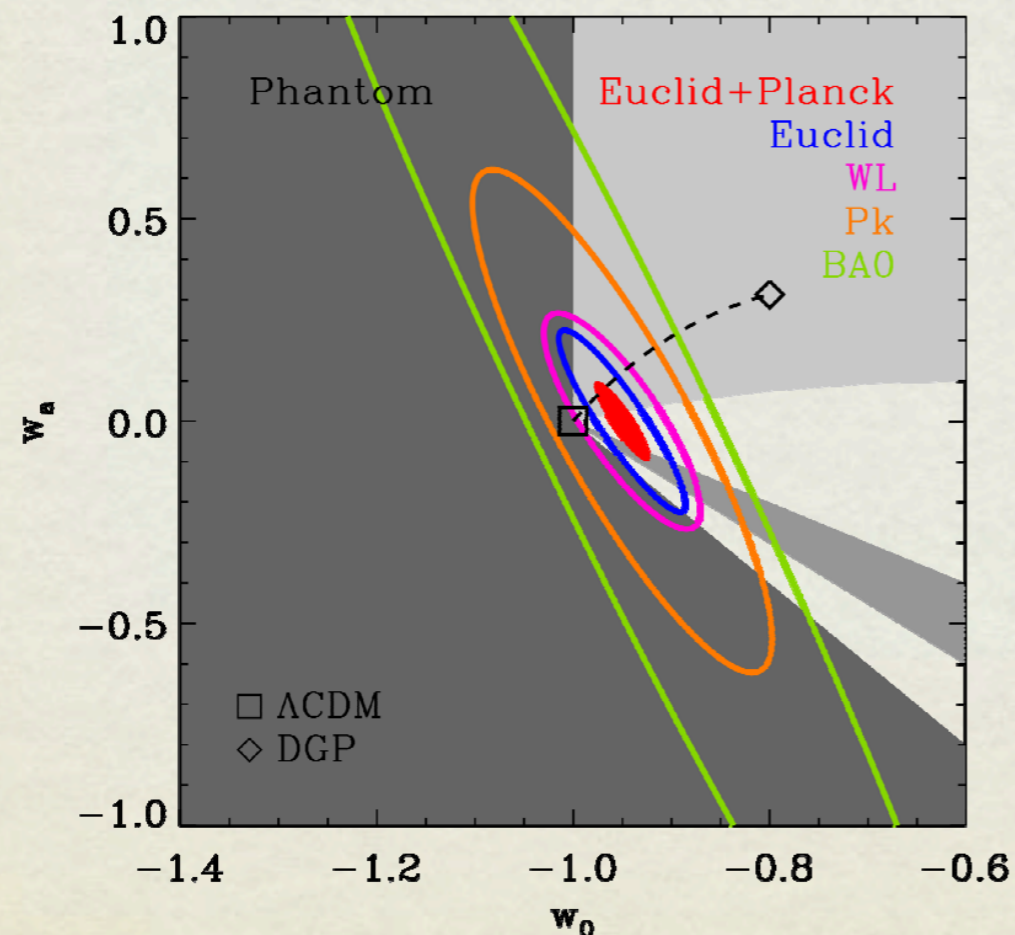


LSST-France

- APC / LAL / LMA / LPNHE/ LPSC / CPPM / CC-IN₂P₃
- R&D : carrousel, slow control, calibration, filtres
- BAO (LAL...), SNe (LPNHE).
- APC : Amas, lensing (magnification)

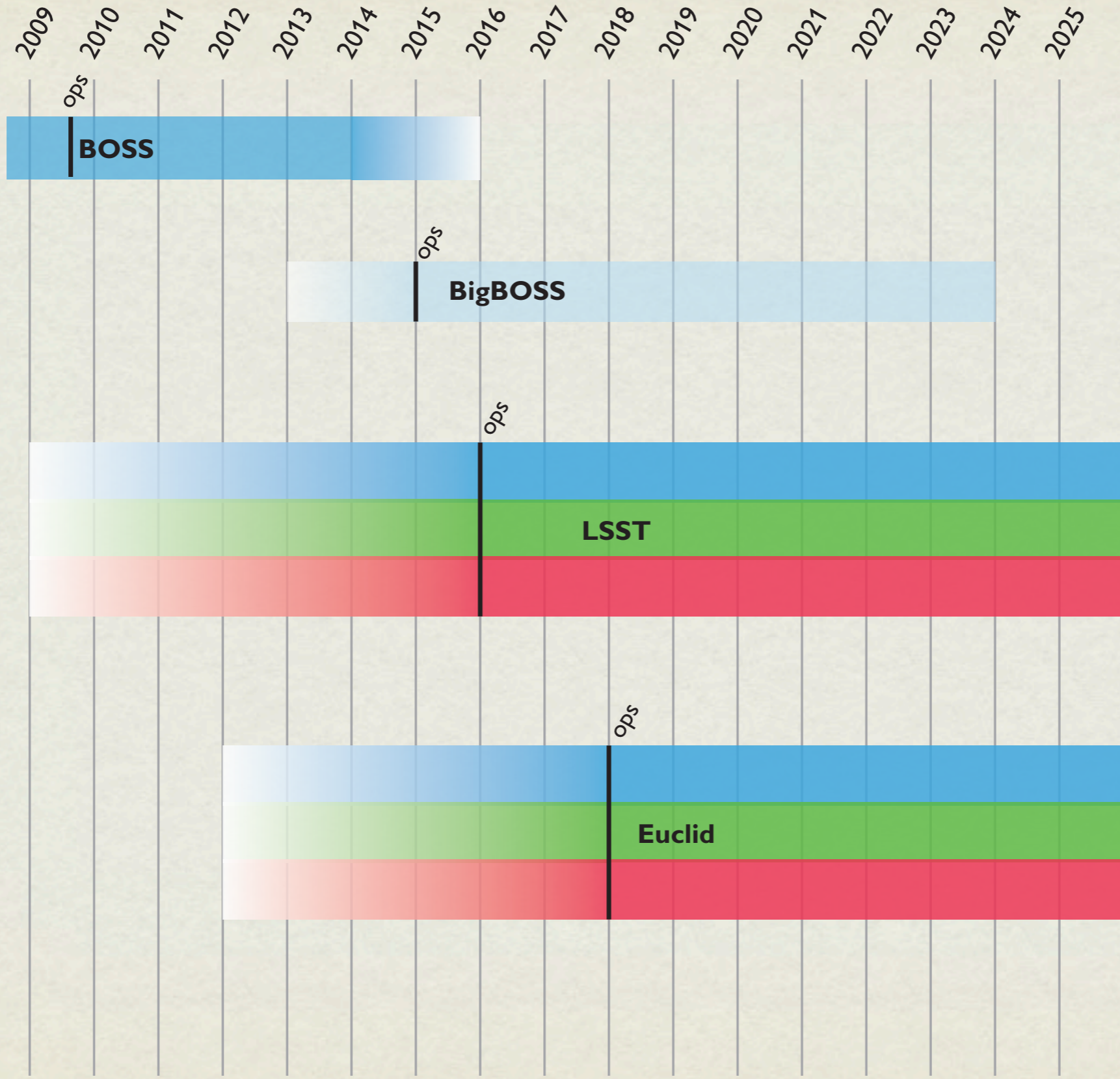
Euclid

- La partie imagerie d'Euclid est optimisée pour le lensing
- Appui sol nécessaire pour étalonner les redshifts



Projets et chercheurs / ingénieurs

	APC	SPP
Planck	7 / 2	2
SDSS-III	3	3
BAO Radio		5 / 4
R&D millimétrique	1 / 4	
QUBIC	4 / 3	
LSST	7 / 3	
BigBOSS	?	3 / 2
Euclid	?	?



BAO

Clusters

Lensing